取食不同寄主植物对棉蚜后代抗药性的影响

王开运，姜兴印，仪美芹，吕宝乾
（山东农业大学植物保护系，泰安 271018）

摘要：测定了 5 种药剂对棉蚜 *Aphis gossypii* 抗氰戊菊酯、吡虫啉品系和敏感品系取食棉花、黄瓜和石榴的后代的毒力，并对它们的后代体内乙酰胆碱酯酶和羧酸酯酶的比活力做了初步探索。结果表明，氰戊菊酯抗性品系取食棉花比取食黄瓜的后代对氰戊菊酯的抗性大 76.4 倍，对灭多威、氧乐果、硫丹和吡虫啉的抗性也大 0.5～4.6 倍；取食石榴的后代对 5 种药剂的抗性介于取食棉花和黄瓜的之间。吡虫啉抗性品系的测定结果与氰戊菊酯抗性品系基本一致。敏感品系取食黄瓜比取食棉花的后代对 5 种药剂的敏感性更高。3 个品系取食不同植物的后代相比，其体内乙酰胆碱酯酶的比活力，取食棉花的为取食黄瓜的 2.4～2.8 倍；羧酸酯酶的比活力，取食棉花的为取食黄瓜的 1.8～2.4 倍。证明棉蚜的抗性和敏感品系取食的寄主植物不同，可引起对药剂敏感性的变化。乙酰胆碱酯酶和羧酸酯酶活力的变化均是引起这种变化的重要因素。
关键词：棉蚜；寄主植物；杀虫剂；抗性
中图分类号：Q965.9　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296（2001）04-0469-07

棉蚜 *Aphis gossypii* 是世界性分布的害虫，寄主范围广，在我国北方地区不仅危害棉花，还危害瓜类、石榴等蔬菜和果树。棉蚜以成蚜和若蚜群集于叶片背面和嫩茎上刺吸汁液，叶片受害后，生长迟缓，对产量和产品质量均有较大影响。

我国防治棉蚜长期依靠化学农药，因用药历史长、种类多，北方棉区棉蚜均产生了不同程度的抗药性[1]。近年来，北方保护地黄瓜种植面积不断扩大，棉蚜在黄瓜上的危害也一直较重，因其在棉花和黄瓜等其它植物间有转寄主危害的习性，抗药性棉蚜的扩散，给防治黄瓜和石榴上的蚜虫选择药剂带来了难度。杂食性农业害虫因取食的寄主植物不同，能引起对杀虫剂敏感性的变化，早就引起重视[2,3]。谭维嘉等[4]报道了取食不同寄主植物的棉铃虫对溴氰菊酯敏感性的变化。近年来还有大量关于寄主植物与昆虫对药剂敏感性关系的探索性的报道。但关于抗药性棉蚜取食不同寄主植物对后代抗药性的影响，在国内尚未见报道。我们研究了寄主植物对抗药性棉蚜抗性的影响，旨在为棉蚜的抗性治理提供一条新途径。

1 材料与方法

1.1 供试棉蚜

敏感品系：为室内在无药剂接触的笼罩棉苗上长期饲养繁殖的品系。氰戊菊酯抗性品系：

基金项目：山东省科委资助项目（972306）
收稿日期：1999-12-27；接受日期：2000-10-25

是用氰戊菊酯对敏感品系汰选16代，抗性为29 035.7倍的品系。吡虫啉抗性品系：是用吡虫啉对敏感品系汰选12代，抗性为4.7倍的品系。

1.2 供试药剂

氰戊菊酯，95%原粉，江苏金坛激素研究所；灭多威，97.5%原粉，山东华阳农药化工集团；氧乐果，76.4%原油，山东农药工业股份有限公司；硫丹，99%晶体，美国陶氏益农化学公司；吡虫啉，95%原粉，江苏常州农药厂。

1.3 棉蚜的转寄主饲养繁殖

采用营养液培育棉苗并繁育棉蚜[5]，抗性和敏感品系均在温室笼罩下隔离饲养。先培育盆栽无虫黄瓜和石榴寄主，置入笼罩中，分别接入不同品系的无翅成蚜，产仔48 h后，将接入的成蚜剔除，待其植株上的新生蚜虫发育至成蚜时供测。

1.3 毒力测定方法

采用毛细管点滴法[6]，以丙酮为溶剂，将药剂稀释成系列浓度，选取大小一致的无翅成蚜，用毛细管点滴处理，每一浓度60～100头，分4次重复，每头蚜虫点滴0.037 μL，以点滴丙酮为对照。处理后将试虫置于（27±2）℃光照培养箱中，24 h检查死、活虫数，用Abbott公式校正，按Finney机率分析法求毒力回归式及LD_{50}值。

1.4 离体酶测定方法

1.4.1 乙酰胆碱酯酶（acetylcholinesterase，AChE）测定：参照陈巧云[7]方法。每次取250头无翅成蚜，加5 mL 0.1 mol/L磷酸缓冲液（pH 7.4）冰浴匀浆，4℃，3 000 r/min，离心10 min，取上清液作酶源。以7.8×10^{4} mol/L碘化硫代乙酰胆碱为底物，酶液的体积0.2 mL。反应条件为27℃，保温15 min。用UV-2201紫外分光光度计测定其412 nm的OD值。

1.4.2 羧酸酯酶（carboxylesterase，CarE）测定：参照van Asperen[8]方法。每次取50头无翅成蚜，加入5 mL 0.04 mol/L磷酸缓冲溶液（pH 7.0），冰浴匀浆，4℃，3 000 r/min，离心10 min，取上清液稀释100倍作酶源。取0.2 mL酶源加入到5 mL 3×10^{4}mol/L α-乙酸萘酯溶液中。反应条件为37℃，保温30 min。再加1 mL显色剂，稳定15 min，用UV-2201紫外分光光度计测定其600 nm的OD值。以不同浓度的α-萘酚作标准曲线，计算各棉蚜品系生成α-萘酚的量。

1.4.3 酶源蛋白质含量测定：采用考马斯亮蓝法，以牛血清白蛋白为标准蛋白，测定各棉蚜品系匀浆上清液的蛋白含量。

2 结果与分析

2.1 棉蚜抗氰戊菊酯品系取食不同寄主植物的后代对5种药剂的抗性

5种药剂对抗氰戊菊酯品系取食棉花和黄瓜的棉蚜后代的毒力比较见表1。从表1看出，氰戊菊酯、灭多威、氧乐果、硫丹和吡虫啉，对抗氰戊菊酯棉蚜品系取食棉花后代的LD_{50}分别为0.3252、2.31×10^{3}、4.99×10^{3}、3.99×10^{2}及3.15×10^{5} μg/头；对取食黄瓜后代的LD_{50}分别为4.20×10^{3}、4.14×10^{4}、2.32×10^{3}、1.59×10^{2}及2.10×10^{5} μg/头。棉蚜取食棉花和黄瓜的后代相比，对氰戊菊酯的抗性相差77.4倍，对灭多威的抗性相差5.6倍，对氧乐果的抗性相差2.2倍，对硫丹的抗性相差2.5倍，对吡虫啉的抗性相差1.5倍。取食黄瓜的后代对5种药剂的抗药性水平均有显著降低，尤其对氰戊菊酯抗性的降低最为显著。

表 1　抗氰戊菊酯棉蚜品系取食棉花、黄瓜和石榴的后代对 5 种药剂的抗性

Table 1　Resistance of R-fenvalerate strain feeding on cotton，cucumber and pomegranate to the tested insecticides

药剂 Insecticides	棉花 Cotton		黄瓜 Cucumber		石榴 Pomegranate		抗性比 Resistance ratio	
	b 值 *b* value	LD_{50}（μg/头） LD_{50}（μg/aphid）	*b* 值 *b* value	LD_{50}（μg/头） LD_{50}（μg/aphid）	*b* 值 *b* value	LD_{50}（μg/头） LD_{50}（μg/aphid）	（棉花/黄瓜）（cotton/cucumber）	（棉花/石榴）（cotton/pomegranate）
氰戊菊酯 fenvalerate	1.6032	0.3252（0.2071～0.5107）	1.8559	$4.20(2.67 \sim 6.60)\times10^{-3}$	2.0249	$1.38(0.88 \sim 2.17)\times10^{-2}$	77.4	23.6
灭多威 methomyl	1.7718	$2.31(1.47 \sim 3.63)\times10^{-3}$	1.5898	$4.14(2.64 \sim 6.50)\times10^{-4}$	2.0184	$7.81(4.97 \sim 12.3)\times10^{-4}$	5.6	3.0
氧乐果 omethoate	2.0742	$4.99(3.18 \sim 7.84)\times10^{-3}$	1.7633	$2.32(1.48 \sim 3.64)\times10^{-3}$	1.1415	$2.95(1.88 \sim 4.65)\times10^{-3}$	2.2	1.7
硫丹 endosulfan	1.4942	$3.99(2.54 \sim 6.27)\times10^{-2}$	2.9480	$1.59(1.01 \sim 2.50)\times10^{-2}$	1.8794	$2.07(1.32 \sim 3.25)\times10^{-2}$	2.5	1.9
吡虫啉 imidacloprid	1.3811	$3.15(2.01 \sim 4.95)\times10^{-5}$	2.3443	$2.10(1.33 \sim 3.30)\times10^{-5}$	2.1344	$2.20(1.40 \sim 3.45)\times10^{-5}$	1.5	1.4

表 2　抗吡虫啉棉蚜品系取食棉花、黄瓜和石榴的后代对 5 种药剂的抗性

Table 2　Resistance of R-imidacloprid strain feeding on cotton，cucumber and pomegranate to the tested insecticides

药剂 Insecticides	棉花 Cotton		黄瓜 Cucumber		石榴 Pomegranate		抗性比 Resistance ratio	
	b 值 *b* value	LD_{50}（μg/头） LD_{50}（μg/aphid）	*b* 值 *b* value	LD_{50}（μg/头） LD_{50}（μg/aphid）	*b* 值 *b* value	LD_{50}（μg/头） LD_{50}（μg/aphid）	（棉花/黄瓜）（cotton/cucumber）	（棉花/石榴）（cotton/pomegranate）
氰戊菊酯 fenvalerate	1.8751	0.1122（0.0714～0.1762）	1.6812	$2.01(1.28 \sim 1.64)\times10^{-2}$	2.4418	$4.07(2.59 \sim 6.39)\times10^{-2}$	5.6	2.8
灭多威 methomyl	2.0420	$1.11(0.71 \sim 1.74)\times10^{-2}$	2.5184	$4.36(2.78 \sim 6.85)\times10^{-3}$	1.9213	$6.82(4.34 \sim 10.7)\times10^{-3}$	2.5	1.6
氧乐果 omethoate	2.1528	$1.97(1.25 \sim 3.09)\times10^{-2}$	2.0601	$4.10(2.61 \sim 6.44)\times10^{-3}$	1.9174	$1.46(0.93 \sim 2.51)\times10^{-2}$	4.8	1.3
硫丹 endosulfan	1.9327	$2.06(1.31 \sim 3.23)\times10^{-2}$	1.9058	$3.57(2.27 \sim 5.61)\times10^{-3}$	2.4386	$1.57(1.00 \sim 2.47)\times10^{-2}$	5.8	1.3
吡虫啉 imidacloprid	2.1195	$1.27(0.81 \sim 1.99)\times10^{-4}$	2.5189	$9.30(5.92 \sim 14.6)\times10^{-5}$	1.7633	$7.70(4.90 \sim 12.1)\times10^{-5}$	1.4	1.6

从表1中还可看出5种药剂对抗氰戊菊酯品系取食棉花和取食石榴的棉蚜后代的毒力差异，氰戊菊酯、灭多威、氧乐果、硫丹和吡虫啉，对取食石榴后代的 LD_{50} 分别为 1.38×10^{-2}、7.18×10^{-4}、2.95×10^{-3}、2.07×10^{-2} 及 2.20×10^{-5} μg/头。该棉蚜取食棉花和石榴两种寄主相比，其后代对氰戊菊酯、灭多威、氧乐果、硫丹和吡虫啉的抗性比分别为23.6、3.0、1.7、1.9和1.4。取食石榴的后代，对氰戊菊酯的抗性降低的幅度最大，其次为对灭多威，对其它3种药剂的抗性也略有降低。与取食黄瓜的棉蚜相比，其对5种药剂抗性降低的程度略有下降。棉蚜抗氰戊菊酯品系取食棉花、石榴和黄瓜的后代，对5种药剂的抗性均有不同，其规律为：取食棉花 > 取食石榴 > 取食黄瓜。

2.2 棉蚜抗吡虫啉品系取食不同寄主植物的后代对5种药剂的抗性

5种药剂对抗吡虫啉品系取食棉花和黄瓜的棉蚜后代的毒力比较见表2。从表2看出，氰戊菊酯、灭多威、氧乐果、硫丹和吡虫啉，对取食棉花后代的 LD_{50} 分别为0.1122、1.11×10^{-2}、1.97×10^{-2}、2.06×10^{-2} 及 1.27×10^{-4} μg/头；对取食黄瓜的后代，上述5种药剂的 LD_{50} 分别为 2.01×10^{-2}、4.36×10^{-3}、4.10×10^{-3}、3.57×10^{-3} 及 9.30×10^{-5} μg/头。两者相比，对5种药剂的抗性比分别为5.6、2.5、4.8、5.8及1.4，取食黄瓜的后代对5种药剂的抗性均有明显降低的现象，并以对氰戊菊酯、氧乐果和硫丹的抗性降低更明显。

从表2中还可看出，棉蚜抗吡虫啉品系取食棉花和取食石榴的后代相比，对5种药剂的抗性较前者均有明显降低，只有对氰戊菊酯的抗性差异较大（为2.8倍）。棉蚜抗吡虫啉品系取食3种寄主植物的后代，对5种药剂的抗性也均不相同，其规律与氰戊菊酯抗性品系的结果一致。

2.3 取食不同寄主植物的棉蚜敏感品系对5种药剂的敏感性

从表3中可以看出，氰戊菊酯、灭多威、氧乐果、硫丹和吡虫啉，对取食棉花的后代，其 LD_{50} 分别为 1.12×10^{-5}、1.75×10^{-3}、2.32×10^{-3}、6.91×10^{-3} 及 2.70×10^{-5} μg/头；对取食黄瓜后代的 LD_{50} 分别为 6.0×10^{-6}、6.26×10^{-4}、1.23×10^{-3}、2.14×10^{-3} 及 2.60×10^{-5} μg/头。两者相比，除吡虫啉的毒力相一致外，其它4种药剂对取食黄瓜的蚜虫的毒力更为大些。

表3 棉蚜敏感品系取食棉花和黄瓜对5种药剂的敏感性

Table 3 Susceptibility of susceptible strain feeding on cotton and cucumber to tested insecticides

药剂 Insecticides	棉花 Cotton		黄瓜 Cucumber		抗性比 Resistance ratio （棉花/黄瓜）(cotton/cucumber)
	b 值 *b* value	LD_{50} （μg/头） LD_{50} （μg/aphid）	*b* 值 *b* value	LD_{50} （μg/头） LD_{50} （μg/aphid）	
氰戊菊酯 fenvalerate	1.4321	1.12（0.71～1.76）$\times10^{-5}$	1.2157	6.00（3.82～9.42）$\times10^{-6}$	1.9
灭多威 methomyl	1.0529	1.75（1.11～2.75）$\times10^{-3}$	1.8082	6.26（3.99～9.83）$\times10^{-4}$	2.8
氧乐果 omethoate	2.0780	2.32（1.48～3.64）$\times10^{-3}$	1.8174	1.23（0.78～1.93）$\times10^{-3}$	1.9
硫丹 endosulfan	1.8332	6.91（4.40～10.9）$\times10^{-3}$	2.3831	2.14（1.36～3.36）$\times10^{-3}$	3.2
吡虫啉 imidacloprid	1.9213	2.70（1.72～4.24）$\times10^{-5}$	2.1659	2.60（1.66～4.08）$\times10^{-5}$	1.0

2.4 离体酶活力的测定

2.4.1 AChE 比活力：棉蚜抗氰戊菊酯品系取食棉花的后代的 AChE OD 值为 0.161，取食黄瓜的后代的 AChE OD 值为 0.076，两者之比值为 2.1；抗吡虫啉品系取食棉花的后代的 AChE OD 值为 0.110，取食黄瓜的后代的 AChE OD 值为 0.039，两者之比值为 2.8；敏感品系取食棉花后代的 AChE OD 值为 0.076，取食黄瓜后代的 AChE OD 值为 0.034，两者之比值为 2.2。3 个品系取食棉花的后代的 AChE OD 值均高于取食黄瓜后代的，其 AChE 的比活力与取食寄主植物关系密切（表 4）。

表 4　取食不同寄主植物的棉蚜抗性和敏感品系的 AChE 比活力

Table 4　AChE activities of R-strains and S-strain feeding on different host plants

棉蚜品系 Cotton aphid strains	乙酰胆碱酯酶 AChE [OD /(mg·min)]		比值 Ratio（棉花/黄瓜）（cotton/cucumber）
	棉花 Cotton	黄瓜 Cucumber	
氰戊菊酯抗性品系 R-fenvalerate strain	0.161 ± 0.006	0.076 ± 0.003	2.1
吡虫啉抗性品系 R-imidacloprid strain	0.110 ± 0.004	0.039 ± 0.002	2.8
敏感品系 S-strain	0.076 ± 0.004	0.034 ± 0.002	2.2

表 5　取食不同寄主植物的抗性和敏感品系的 CarE 比活力

Table 5　CarE activities of R-strains and S-strain feeding on different host plants

棉蚜品系 Cotton aphid strains	羧酸酯酶 CarE [α-NA μmol/（mg·min）]		比值 Ratio（棉花/黄瓜）（cotton/cucumber）
	棉花 Cotton	黄瓜 Cucumber	
氰戊菊酯抗性品系 R-fenvalerate strain	5.400 ± 0.053	2.253 ± 0.023	2.4
吡虫啉抗性品系 R-imidacloprid strain	1.887 ± 0.047	0.837 ± 0.014	2.3
敏感品系 S-strain	0.497 ± 0.024	0.277 ± 0.007	1.8

2.4.2 CarE 比活力：由表 5 看出，氰戊菊酯抗性品系、吡虫啉抗性品系和敏感品系取食棉花和取食黄瓜的后代，它们羧酸酯酶比活力也有显著差异，其比值分别达 2.4、2.3 及 1.8。这一结果与生物测定结果一致。

3 讨论

许多研究证明，同一种昆虫取食不同寄主植物的后代对杀虫剂的敏感性存在显著差异。本研究结果证明，棉蚜抗氰戊菊酯品系取食棉花、石榴和黄瓜的后代，对氰戊菊酯、灭多威、氧乐果、硫丹和吡虫啉的抗性均有不同程度的变化，即取食石榴和黄瓜的棉蚜对 5 种药剂的

抗性均比取食棉花的低，且以对氰戊菊酯的抗性表现最为突出，取食棉花的棉蚜抗性比取食黄瓜的高76.4倍，比取食石榴的高22.6倍。棉蚜抗吡虫啉品系和敏感品系取食石榴和黄瓜的后代，其抗性或敏感性较取食棉花的也均有明显的变化。

利用取食棉花和黄瓜的不同棉蚜品系，测定其AChE和CarE的比活力表明，氰戊菊酯抗性品系、吡虫啉抗性品系和敏感品系取食棉花的和取食黄瓜的比值均达2倍左右，CarE比活力的变化也与AChE的结果一致。

李云寿等[9]证明了取食不同寄主的小菜蛾，对其体内艾氏剂环氧化酶的活性诱导程度不同，表明因其解毒能力的增加，导致它对某些杀虫剂敏感性的降低。本研究证明，取食不同寄主植物的棉蚜，其体内AChE和CarE的比活力均有显著差异，表明寄主植物对棉蚜的AChE和CarE活性均有诱导性。Terriere[10]论述了多寄主植物的农业害虫取食不同寄主植物后对药剂的反应不同，可能与寄主植物中存在某种物质的差异有关，该物质能激活或抑制昆虫体内的代谢活动。AChE和CarE是昆虫体内重要的生化物质，其比活力的变化能体现棉蚜体内生理活性和解毒代谢的差异，从而导致对多种杀虫剂抗性或敏感性的变化。

本研究还得出，棉蚜氰戊菊酯和吡虫啉抗性品系，它们取食棉花和黄瓜的后代对吡虫啉抗性的变化都不显著，而对氰戊菊酯、灭多威、氧乐果和硫丹的抗性均有显著的变化，其原因可能与棉花或黄瓜中所含的某种激活或抑制物质对AChE和某些代谢酶（如CarE等）诱导作用显著，却对吡虫啉的作用靶标乙酰胆碱受体无影响所致。两个抗药性品系和敏感品系，因取食不同寄主植物所引起对药剂抗性及生理生化差异，是寄主植物中某种物质选择作用还是诱导作用所引起，这一问题有待进一步深入研究。

目前，我国北方棉区的棉蚜已对多种杀虫剂产生了较高水平的抗性，在防治上，可利用其在不同寄主植物上抗性的差异和转寄主危害的习性，注意在越冬寄主石榴、木槿及保护地瓜类蔬菜上搞好防治，减少有翅蚜向棉花上的扩散量，可有效控制棉蚜抗药性的提高。

参 考 文 献 （References）

[1] 慕立义，王开运．我国棉花蚜虫对菊酯类农药及呋喃丹抗性调查与研究．农药，1986，25（2）：1～6

[2] Wood K A，Wilson B H，Graves J B. Influence of the host plant on susceptibility of the fall armyworm to insecticides. J. Econ. Entomol.，1981，74：96～98

[3] Berry R E，Yu S J，Terriere L C. Influence of host plants on insecticide metabolism and management of variegated cutworm. J. Econ. Entomol.，1980，73：771～774

[4] 谭维嘉，赵焕香．取食不同寄主植物的棉铃虫对溴氰菊酯敏感性的变化．昆虫学报，1990，33（2）：155～160

[5] 王开运．棉苗的水培和棉蚜的繁育．农药，1983，23（3）：16

[6] 张桂林．棉蚜抗药性测定方法．昆虫知识，1982，19（3）：48～49

[7] 陈巧云，姜家良，林国芳等．淡色库蚊对敌百虫抗性的研究—水解酶同敌百虫抗性的关系．昆虫学报，1980，23（4）：359～365

[8] van Asperen K. A study of housefly esterase by means of a sensitive colorimetric method. J. Insect physiol.，1962，8：401～416

[9] 李云寿，罗万春，慕立义等．不同寄主植物对小菜蛾艾氏剂环氧化和乙酰胆碱酯酶活性的影响．植物保护学报，1996，23（2）：181～184

[10] Terriere L C. Induction of detoxication enzymes in insects. Ann. Rev. Entomol.，1984，29：71

Effects of feeding on different host plants on resistance to insecticides in the progeny of the cotton aphid

WANG Kai-yun, JIANG Xing-yin, YI Mei-qin, LU Bao-qian
(Department of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: The susceptible strain and the resistant strains R-fenvalerate and R-imidacloprid of the cotton aphid (*Aphis gossypii*) were reared with three different host plants: cotton, cucumber and pomegranate. The toxicity of five insecticides to the decendants of the cotton aphid and the relevant enzymic activity were measured. The results showed that the resistance of the progeny of R-fenvalerate strain feeding on cotton was 67.4-folds higher than that feeding on cucumber for fenvalerate, and 0.5 ~ 4.6 folds for other four insecticides. When feeding on pomegranate this strain showed moderate resistance. The R-imidacloprid strain feeding on the three host plants showed the same tendency in resistance to the five insecticides as the R-fenvalerate strain. The sensitivity of the susceptible strain feeding on cucumber to the tested insecticides was higher than that feeding on cotton. AChE and CarE activities of different strains feeding on cotton were higher than feeding on cucumber (AChE: 2.4 ~ 2.8 times; CarE: 1.8 ~ 2.4 times). The results demonstrated that feeding on different host plants might cause the change in sensitivity to insecticides in the resistant and susceptible strains of the cotton aphid. One of the major factor causing the resistance changes was the alteration in AChE and CarE activities.

Key words: *Aphis gossypii*; host plant; insecticide; resistance